

# 弗兰克-赫兹实验各条件对曲线的影响

08300300088 孙阳庭

## Abstract

In Frank-Hertz experiment, the experimental curve would be affected by four parameters: the temperature of the mercury vapor tube, the filament voltage, the control gate voltage and the deceleration voltage. In this paper, by using variable-controlling method, curves under different experimental conditions were compared and analysed.

## 关键词:

物理实验 弗兰克-赫兹 第一激发 灯丝电压 控制栅电压 减速电压 汞蒸气温度

## 引言:

为了研究原子内部的能量状态问题，1914年弗兰克和赫兹设计了简单而有效的方法，用低速电子去轰击原子，观察它们之间的相互作用和能量传递过程，并在这种相互作用下研究原子的行为——观察受激原子所发出的辐射，从而证明了原子内部量子化能级的存在，也为玻尔原子理论提供了直接的实验证据。

弗兰克-赫兹实验是大学物理实验教学中一个经典实验，我们使用复旦自制的 F-H 管重复实验，得到不同实验条件下的多条  $I_p-V_{G2K}$  曲线。通过分析管内温度、灯丝电压、控制栅电压和减速电压对曲线的影响，得到最佳的实验条件，并计算汞的第一激发电位。

## 一. 实验基本介绍

1. 本实验采用的 F-H 管为复旦自制的双栅柱面型四极式弗兰克-赫兹管。该管由板极 P、控制栅  $G_1$ 、加速栅  $G_2$ 、阴极 K 构成，内充汞。
2. 图 1 为第一激发能测量电路。电子从阴极射出后，经控制栅电压加速后进入  $G_1$ 、 $G_2$  之间的碰撞区，和汞原子发生弹性或非弹性碰撞，最后通过  $G_2$ 、P 之间的减速电压被板极接收，从而形成微电流。微电流的大小反映了单位时间内通过 F-H 管的电

子数目，进而可以反映电子在管内和汞原子的作用情况。

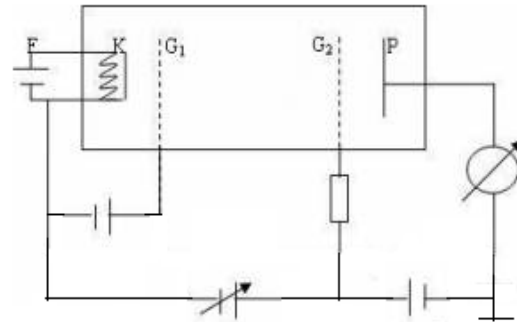


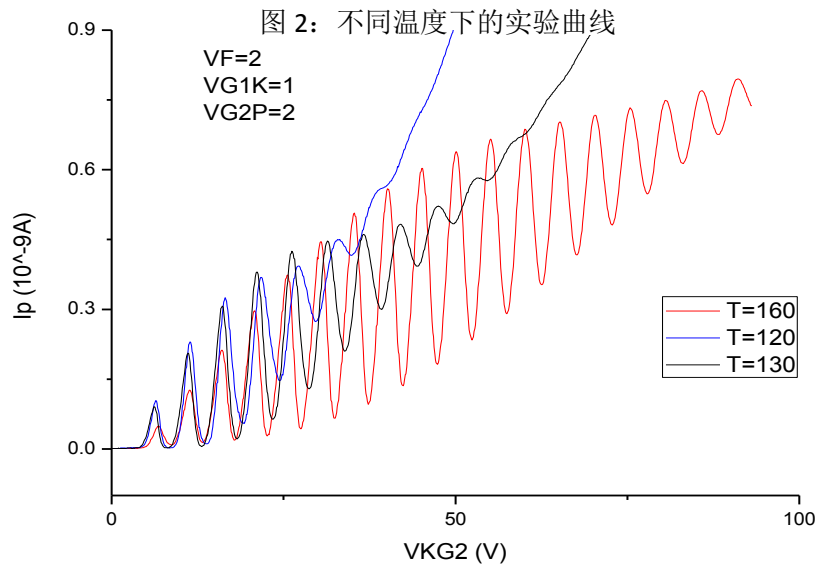
图 1: 第一激发能测量电路

## 二. 实验过程与分析

### 1. 汞蒸气温度对实验曲线的影响

如图 2 所示，随着温度升高，曲线下移（在波谷处尤为明显），第一峰的位置右移，但是峰数增多。

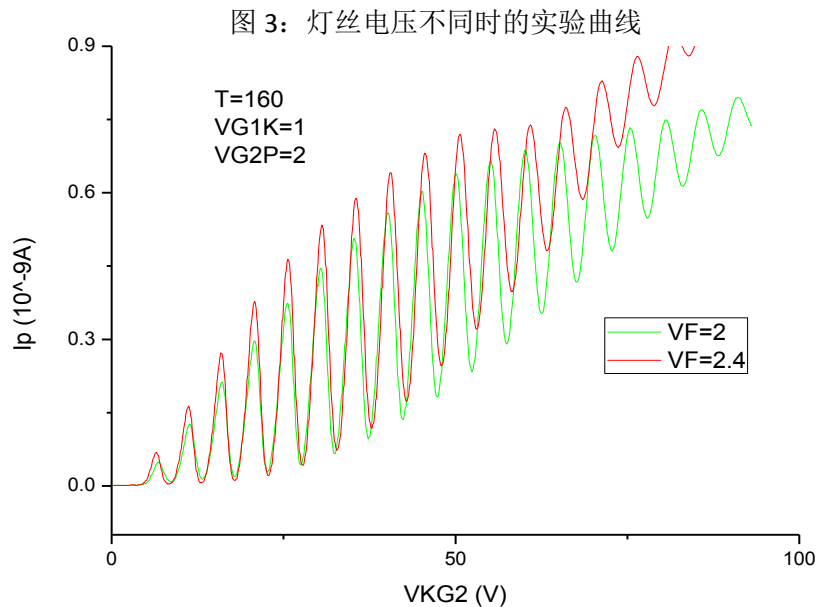
分析：温度升高，饱和蒸汽压增大，液体更容易蒸发，实验管内的气态汞原子数目增多。电子在通过实验管时与汞原子碰撞损失能量的几率也随之增大，故单位时间到达板极的电子数减少，板极电流减少，曲线下移。同时，温度升高导致电子平均自由程减小，电子碰撞变频繁以致激发原子的能力减弱，需要更大的加速电压以使电子在一个平均自由程内获得足够的能量去激发原子，所以峰位右移。



## 2. 灯丝电压 $V_F$ 对实验曲线的影响

如图 3 所示,随着  $V_F$  从 2V 增大到 2.2V, 曲线上移, 并且第一峰位左移。实验中还将  $V_F$  置为过 3V, 明显超出量程, 未记录数据。可见灯丝电压对板极电流的影响较为显著。

分析: 灯丝电压增加导致阴极温度上升, 因而单位面积发射出的电子增多, 最终到达板极的电子也随之增多。同时, 从阴极射出的电子初动能也增大, 只需较小的加速电压就可激发原子, 故峰位左移。



## 3. 控制栅电压 $V_{G1K}$ 对实验曲线的影响

如图 4 所示, 将  $V_{G1K}$  从 0.6V 增大到 0.8V 再增大到 1V, 曲线上移, 但是再增大到 1.4V 时曲线又下降。整个过程中峰位 (尤其是低

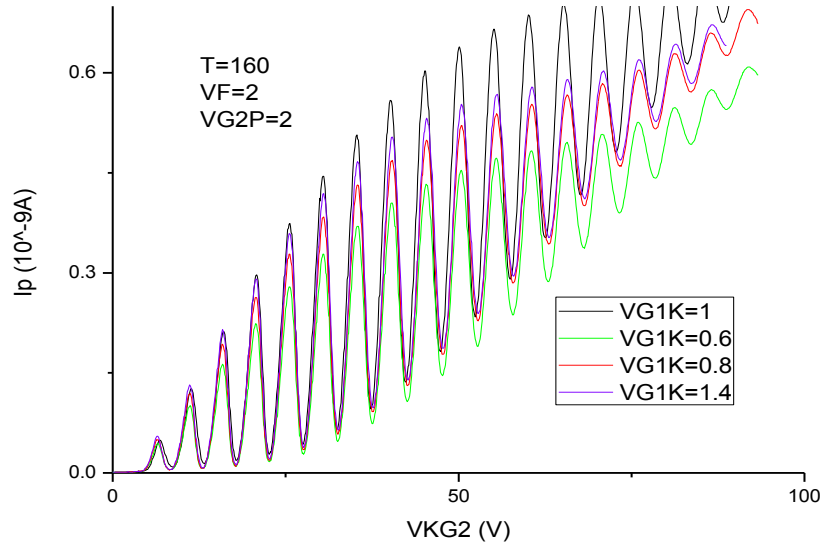
扫描电压时的峰位) 几乎没有变化。

分析: 控制栅电压  $V_{G1K}$  的作用在于消除电子在阴极附近的堆积效应, 故增大  $V_{G1K}$  可以把更多的电子拉入碰撞区, 到达板极的

电子也随之增多。但当  $V_{G1K}$  过大时，它又会导致控制栅  $G_1$  反过来吸引碰撞区内的电子，从而到达板极的电子减少。可见，板极电流

随着  $V_{G1K}$  的增大，先变大，后变小，且在 1V 左右达到最大。故实验中选取  $V_{G1K}$  为 1V 是合理的。

图 4: 控制栅电压不同时的实验曲线



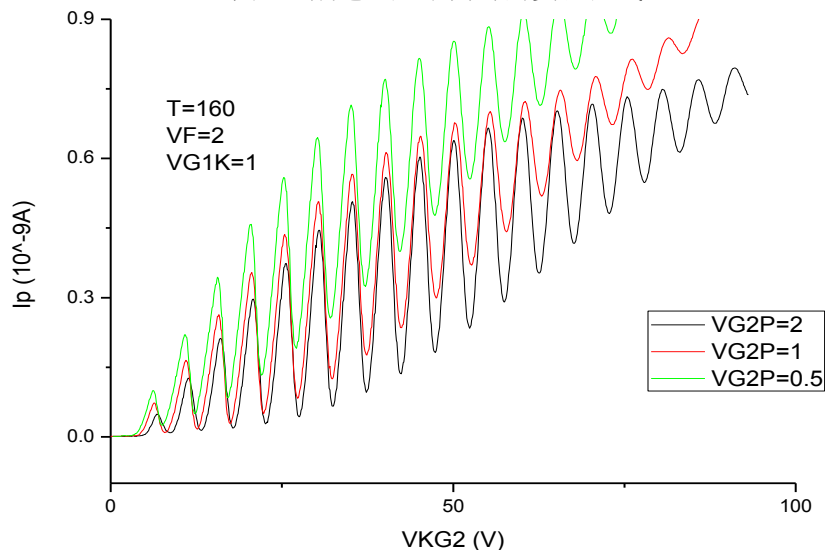
#### 4. 减速电压 $V_{G2P}$ 对实验曲线的影响

如图 5 所示，随着减速电压的增大，曲线下移，并且第一峰位右移。

分析：随着减速电压的增大，通过碰撞

区到达加速栅  $G_2$  的电子中，有更多的不足以克服反向电压而被筛选掉，因而板极接受到电子数减少，曲线下移。相应的峰位也右移。

图 5: 减速电压不同时的实验曲线



#### 5. 第一激发能的计算

选择  $T=160$ 、 $VF=2V$ 、 $VG1K=1V$ 、 $VG2P=2V$  条件下的实验曲线用作数据处理。依次找到

各处峰值，列于表 1。

作图并拟合，可得到图 6。汞的第一发电位为 4.9280V，相对误差 0.78%。

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
电位(V)	6.7	11.3	16	20.8	25.6	30.5	35.3	40.1
序号	9	10	11	12	13	14	15	16
电位(V)	45.1	50.1	55.1	60.1	65.2	70.3	75.4	85.8

表 1: 曲线各峰对应电位

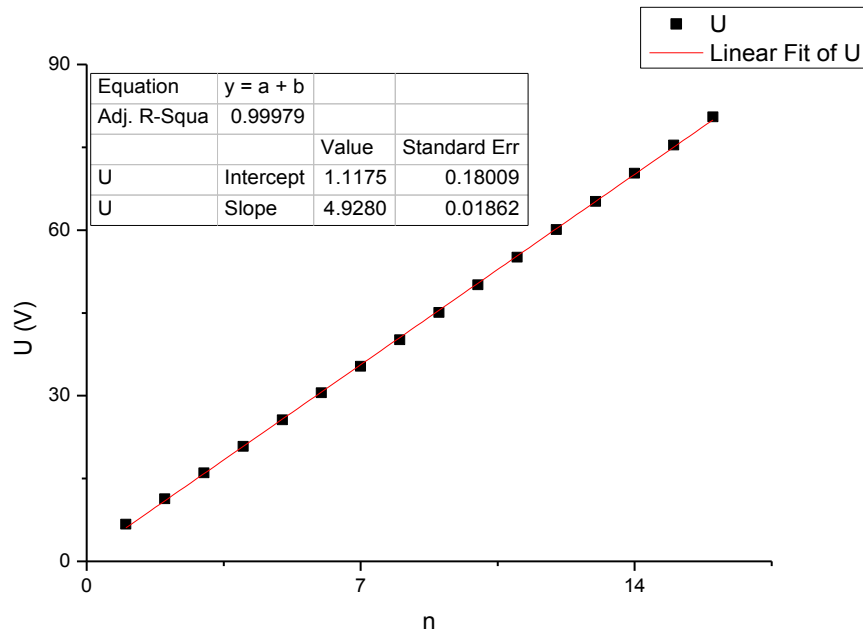


图 6: 测量第一激发电位拟合曲线

### 三. 结论

本实验的实验原理较为简单, 实验中用控制变量法控制三个变量, 改变一个变量, 分别研究了管内温度、灯丝电压、控制栅电

压和减速电压对试验曲线的影响, 最终得到一组比较合适的参数并算得了汞的第一激发电位。结果和理论值相比较为准确。

### 致谢

感谢实验室所有老师的辛勤指导, 感谢和我共同奋斗一学期的田博元同学。

### 参考文献:

- [1].董键等, 弗兰克-赫兹实验中几个问题的研究, 物理实验, 2008 (10) P36
- [2].金哲, 弗兰克-赫兹实验最佳实验条件的确定, 延边大学学报(自然科学版), 2006 (9) P169
- [3].周小莉等, 弗兰克-赫兹实验曲线的分析, 哈尔滨师范大学自然科学学报 2003 (1) P36